ملخص وحدة التنفس - الأكسدة الخلوية -



النشاط 1: تذكير بالمكتسبات

- **تعريف عملية التنفس:** ظاهرة حيوية يتم فيها هدم المادة العضوية (الركيزة) وتحويل الطاقة الكيميائية الكامنة فيها (في الروابط الكيميائية) إلى طاقة قابلة للاستعمال تخزن في مادة أيضية وسيطة تسمى الـ ATP.

- **شروط عملية التنفس:** لا تحدث عملية التنفس إلا بتوفر ثلاثة شروط: ثنائي الأكسجين (O_2)، مادة الأيض أو الركيزة وهي الغلوكوز، إنزيمات تنفسية.

ملاحظة: جزيئة الغلوكوز هي السكر الوحيد الذي تحدث له أكسدة خلوية لإنتاج الطاقة (العملة التي تصرف في العضوية).

- **مظاهر عملية التنفس:** أثناء قيام الخلية النباتية أو الحيوانية بعملية التنفس يظهر: امتصاص الـ O_2، طرح الـ CO_2، هدم مادة الأيض، تحرير طاقة على شكل ATP وحرارة (تفاعلات الأكسدة الخلوية تحرر حرارة).

- **المعادلة الإجمالية لعملية التنفس:** $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + E$

النشاط 2: مقر عملية التنفس

- **مقر عملية التنفس:** تتم تفاعلات الأكسدة الخلوية في الميتوكوندري (مركز الطاقة في الخلية).

- **وصف بنية الميتوكوندري:** عضية ذات شكل بيضوي متطاول يحدها غشائين بلازميين: **غشاء خارجي** و**غشاء داخلي** يفصل بينهما **تجويف بين الغشائين**. يمتد من الغشاء الداخلي نتوءات (امتدادات) تسمى **الأعراف**. يشغل تجويف الميتوكوندري سائل يسمى **المادة الأساسية** يحتوي على **ADN**، **ريبوزومات** و**حبيبات ادخارية**.

- **المميزات البنيوية للميتوكوندري**

- **البنية الحجيرية:** الميتوكوندري ذات بنية حجيرية (مقسمة إلى حجرات) لأن فضاءها مقسم إلى فراغين مختلفين يتمثلان في المسافة بين الغشائين والتجويف الذي تملأه الحشوة.

- **اختلاف التركيب الكيموحيوي لمكوناتها:** يختلف التركيب الكيموحيوي لكل من الغشائين الداخلي والخارجي، فالغشاء الداخلي يتركب من نسبة كبيرة من البروتينات الوظيفية تتمثل في إنزيمات ونواقل الالكترونات ومضخات البروتونات. كما أن الحشوة تحتوي على مركبات مختلفة تتمثل في إنزيمات أخرى ومواد أيضية.

- **طبيعة تفاعلات عملية لتنفس:** أكسدة إرجاع (أكسدة الغلوكوز وإرجاع الأكسجين).

الأنشطة 3 - 4 - 5: مراحل عملية التنفس

	المرحلة 1: التحلل السكري (الغلكزة)	المرحلة 2: حلقة كريبس	المرحلة 3: الفسفرة التأكسدية
تعريف	سلسلة من التفاعلات يتم فيها تحليل الغلوكوز إلى جزيئتي حمض البروفيك مع إنتاج ATP و $NADH,H^+$	سلسلة من التفاعلات يتم فيها أكسدة الأستيل مرافق الانزيم أ وطرح الـ CO_2 مع إنتاج ATP وإرجاع المرافقات الانزيمية NAD^+ وFAD^+	سلسلة من التفاعلات يتم فيها أكسدة نواقل البروتونات والالكترونات ($NADH,H^+$ و $FADH_2$) وتركيب ATP
المقر	الهيولى	المادة الأساسية للميتوكوندري	الغشاء الداخلي للميتوكوندري
الانزيمات	ليست مذكورة	**نازعات الهيدروجين:** تنزع الهيدروجين من المركب وترجع الناقل NAD^+ أو FAD^+ (يسمى التفاعل: أكسدة/إرجاع) **نازعات ثاني أكسيد الكربون:** تسمى كذلك **نازعات الكربوكسيل**، تنزع الوظيفة الكربوكسيلية **COOH**– من الحمض وتطرحه على شكل غاز CO_2 (يسمى التفاعل نزع كربوكسيل). - عند تدخل الانزيمين معا يسمى التفاعل: نزع كربوكسيل تأكسدية.	**الـ ATP سنتتاز:** يقوم بفسفرة الـ ADP إلى ATP في وجود الـ Pi باستعمال الطاقة المتحررة من سيل البروتونات المتدفق عبره.

المعادلة	$C_6H_{12}O_6 + 2NAD^+ + 2ADP + 2Pi \rightarrow 2C_3H_4O_3 + 2NADH,H^+ + 2ATP$	**المرحلة التحضيرية** $C_3H_4O_3 + CoA + NAD+ \rightarrow CH_3\text{-}CO\text{-}S\text{-}CoA + NADH,H^+ + CO_2$ **حلقة كريبس** $CH_3\text{-}CO\text{-}S\text{-}CoA + 3NAD^+ + FAD^+ + ADP + Pi \rightarrow CoASH + 2CO_2 + 3NADH,H^+ + FADH_2 + ATP$	$nNADH,H^+ + nFADH_2\ n/2O_2 + 5nADP + 5nPi \rightarrow nNAD^+ + nFAD^+\ nH_2O + 5nATP$
النواتج	2 حمض البيروفيك، $2NADH,H^+$ و 2ATP	$3CO_2$، $4NADH,H^+$، $FADH_2$، ATP	ATP, NAD^+, FAD^+, H_2O
الحصيلة الطاقوية	8ATP	30ATP	
دور الـ O_2	تتم في وجود وغياب الأكسجين	**تشترط ثنائي الأكسجين:** في وجود الـ O_2 تتجدد المرافقات الانزيمية NAD^+, FAD^+ اللازمة لحلقة كريبس	**تشترط ثنائي الأكسجين:** الـ O_2 هو المستقبل الأخير للالكترونات في السلسلة التنفسية.
العلاقة الوظيفية	التحلل السكري عملية منفصلة تحدث في الوسطين الهوائي أو اللاهوائي. حلقة كريبس والفسفرة التأكسدية يربط بينهما المرافقات الانزيمية حيث تُرجَع في حلقة كريبس وتتأكسد (تتجدد) في الفسفرة التأكسدية		

- **ملاحظة:** حلقة كريبس عبارة عن تسلسل 7 تفاعلات تتدخل فيها 7 انزيمات.

- **تمعدن الركيزة:** هو أكسدة المركب العضوي (يحتوي على طاقة) إلى جزيئات الـ CO_2 المعدني (الخالي من الطاقة).

- **ملاحظة:** يمكن أن تركب المادة الأيضية GTP عوضا عن ATP في الميتوكوندري وهي مركب طاقوي كذلك.

- **في السلسلة التنفسية (سلسلة الأكسدة والارجاع):** مصدر الالكترونات هو أكسدة النواقل $NADH,H^+$ و $FADH_2$ حسب معادلات الأكسدة:

$$NADH,H^+ \rightarrow NAD^+ + 2H^+ + 2é \qquad FADH_2 \rightarrow FAD^+ + 2H^+ + 2é$$

والمستقبل الأخير للالكترونات هو: ثنائي الأكسجين (الممتص) حسب معادلة الارجاع: $O_2 + 4é + 4H^+ \rightarrow 2H_2O$

- **آلية انتقال الاكترونات في السلسلة التنفسية:** تنتقل تلقائيا في نواقل ذات كمون أكسدة إرجاع متزايد.

- **الفسفرة التأكسدية (أكسدة النواقل وفسفرة الـ ADP)**

تسمح تفاعلات الأكسدة والارجاع التي تتم على طول السلسلة التنفسية بضخ البروتونات من المادة الأساسية نحو الفراغ بين الغشائين مولدا بذلك تدرجا للبروتونات في هذا المستوى. يتم تشتت هذا التدرج الالكتروكيميائي (البروتونات المتراكمة بين الغشائين) بسيل (تدفق) عائد من البروتونات نحو المادة الأساسية بالانتشار عبر الـ ATP سنتيتاز. تسمح الطاقة المتحررة من سيل البروتونات بفسفرة الـ ADP إلى ATP في وجود الفوسفات اللاعضوي Pi في مستوى الكرات المذنبة.

معلومات مهمة

- **العلاقة بين البينة والوظيفة:** قاعدة كبيرة في العلوم الطبيعية فـ **البنية تحدد الوظيفة** واختلاف البنية دليل على اختلاف الوظيفة. مثلا: يختلف التركيب الكيموحيوي لكل من غشاء التيلاكويد والحشوة في الصانعة الخضراء، هو دليل على اختلاف وظيفتهما في عملية التركيب الضوئي. نفس الشيء بالنسبة للغشائين الداخلي والخارجي للميتوكوندري، وكذلك الفرق بين الغشاء الداخلي والمادة الأساسية للميتوكوندري. رأينا وحدة بأكملها تتكلم عن هذه القاعدة وهي "**العلاقة بين بنية ووظيفة** البروتين". وفي وحدة المناعة، نستدل على أن الخلية البلازمية مفرزة للأجسام المضادة انطلاقا من بنيتها فقط. في بكالوريا 2014 نستدل في الاجابة على أن اللمفاوية LB غير مفرزة للأجسام المضادة انطلاقا من بنيتها (الغير متطورة بعكس البلازمية)... في هذه الوحدة، نستدل مثلا على نشاط الخلية بعدد الميتوكوندريات فيها، أو تطور بنيتها من عدمه (حجم كبير أو صغير، أعراف كبيرة ومتعددة أو قليلة وضامرة...).

- **الأيض:** تفاعلات التركيب الضوئي تفاعلات بناء للمادة العضوية (تمثيل حيوي)، وتفاعلات التنفس تفاعلات هدم، نسمي مجموع تفاعلات البناء والهدم في الخلية بعملية الأيض.